# Die H-Jonenkonzentration erkrankter Hartgewebe der Zähne und ihre Bedeutung für die Ätiologie der Karies.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

---

Vorgelegt am 23. Oktober 1939

von

Julius M. Jngendaay
Zahnarzt aus Bad Godesberg

1939

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546404_0109

# Die H-Jonenkonzentration erkrankter Hartgewebe der Zähne und ihre Bedeutung für die Ätiologie der Karies.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

---

Vorgelegt am 23. Oktober 1939

von

Julius M. Jngendaay

Zahnarzt aus Bad Godesberg

1939

Rudolf Ensrsch & Co., Düsseldorf.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Bonn
Referent: Prof. Dr. Balters
Korreferent: Prof. Dr. Schulemann

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern!

Seit Millers Zeiten in den achtziger Jahren ist die gesamte zahnärztliche Wissenschaft und auch ein beachtlicher Teil der verwandten Disziplinen nicht müde geworden, das Wesen der Zahnkaries, die mit Recht als Volksseuche bezeichnet wird, zu erforschen, ihre Ätiologie zu ergründen, ihre mannigfachen Erscheinungsformen festzulegen, und letztlich brauchbare Vorschläge zur Therapie mit möglichst großer Aussicht auf Erfolg zu geben.

Schon früher ist die Karies der Zähne, die „Zahnfäule", Gegenstand intensiver Studien gewesen, und es war ein langer Weg von den altertümlichen Vorstellungen vom „Stocken schlechter Säfte" über die Zahnwürmertheorie und die Zahnentzündung bis zu Millers Diagnose, daß die Karies ihre Entstehung zwar einem Komplex von Schädlichkeiten verdanke, daß sie aber in der Hauptsache der Erfolg chemisch-parasitärer Angriffe sei.

Eine Unzahl von Wissenschaftlern und ernsten Forschern hat sich dann um das Problem bemüht, wenigstens ihr Wesen und ihren Ursprung klarzustellen, lagen doch ihre Erscheinungsformen allzu deutlich zutage. Der weitaus größte Teil der Forschungen und der aus diesen folgenden Theorien hielt sich an die chemisch-parasitäre Vorstellung: ihr wurden die Grundlagen gegeben und neue Stützen gewonnen, ohne jedoch zu vergessen, welche Bedeutung auch den übrigen Ur-

sachen zukommt. Die Bakterienflora der Mundhöhle wurde bis ins Kleinste und Feinste erkannt und definiert, der Chemismus der Mundverdauung, des Speichels, der Nahrung, und auch der der Bakterien selbst wurde Gegenstand genauester Untersuchungen und Beobachtungen. Die für die rapide Zerstörung des Schmelzes und Zahnbeins als hauptverantwortlich erkannten Azidobakterien wurden in allen ihren Lebensbedingungen und -erscheinungen gesehen und festgelegt. Man fand ihre Begleiter aus dem Riesenreich der Mikroorganismen, stellte sie als Streptokokken, Staphylokokken, Fusobakterien, Spirillen und Spirochäten. Ja, man gab sogar den gesamten Aufmarschplan dieser Bakterien in ihrem Großangriff auf die Pulpa und den Lebensnerv des Zahns bekannt, aus dem zu erkennen war, in welchen Zonen sich die Masse der Truppen, oder in welchen sich erst ihre Pioniere befanden. Histologie und Pathohistologie gaben durch objektive Befunde wichtigen Aufschluß über die Vorgänge bei der Karies.

Ein wesentlich kleinerer Teil der Forscher beschäftigte sich mit anderen Möglichkeiten, um der Ätiologie der Karies auf die Spur zu kommen. Die Ernährungswissenschaft und Vitaminforschung hat hierbei wertvollste Beiträge gegeben, und wir sind der Erkenntnis des Ideals, der „rechten Mischung der Säfte" in der Nahrung, schon nahe gekommen, wenn wir die zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten überblicken, die die verschiedenen menschlichen Nahrungsmittel als die

Karies begünstigend, auslösend, oder gar verursachend zum Thema haben.

Die Untersuchung des Kalkstoffwechsels und seine Abhängigkeit von der Funktion der Epithelkörperchen warf ein helles Licht auf wichtige Zusammenhänge.

Andere Forscher wieder haben sich mit der Konstitution des Karieserkrankten gründlich befaßt, um aus ihr Rückschlüsse auf Ursache, Beginn und Schwere der Krankheit zu ziehen. Hand in Hand damit ging das Studium der endokrinen Drüsen in ihren Wechselwirkungen, das manche wichtige Auskunft gab. Auch die Pathologie des gesamten menschlichen Körpers, insbesondere die der schweren Allgemeinerkrankungen wie Tuberkulose, Syphilis, Rachitis und Infektionskrankheiten, sowie die Lehre von der Vererbung, Zwillings- und Mehrlingsforschungen hatten ein gewichtiges Wort zu sprechen. Und schließlich vermittelten die genaue Kenntnis des Durchbruchsmechanismus, des Zahnwechsels, des Einflusses der Umwelt und der Zivilisation, wie auch die geschichtlichen und vorgeschichtlichen Forschungen grundlegende Erkenntnisse.

Diese gewaltige Anzahl von Forschungen, von Beiträgen aus allen Wissensgebieten, von Untersuchungen und Erkenntnissen, die alle dem Ziel gedient haben, das Geheimnis der Zahnkaries zu entdecken, spricht gleichzeitig für die überragende Bedeutung, die man einer solchen Erkenntnis beimißt, und für die ernste Sorge, mit der man den von Generation zu Generation fortschreitenden Gebißzerfall betrachtet.

Es mag daher verwunderlich erscheinen, wenn nur ganz wenige Wissenschaftler in ihrem Mühen, das Wesen der Karies zu finden, sich mit dem beschäftigt haben, was eigentlich das am nächsten Liegende hätte sein können: mit der Funktion des Zahns und der Kiefer. Denn wir pflegen ja auch ganz allgemein beim Defekt- oder Krankwerden irgendeines Organs im Körper uns sofort nach seiner Funktion zu fragen, ob sie normal oder krankhaft war, und ob man aus der Art ihrer Veränderung Rückschlüsse auf die Diagnose tun kann. Wir wissen ebensogut, daß allenthalben im Körper an einem Organ, dessen Funktion zu wünschen übrig läßt, sich bald pathologische Veränderungen bemerkbar machen, die im extremen Fall zu Degeneration und Atrophie zu führen pflegen. Auch beim Krankwerden des Kauorgans und seiner Einheit, des Zahns, müßten wir diagnostisch so verfahren. Allerdings aber verläuft das Krankheitsbild der Karies in solch eigentümlichen Formen, und scheint auf den ersten Blick so sehr die Eigenschaften eines lokalisierten Defekts zu haben, daß es schwer fallen kann, bei der Frage nach ihrer Entstehung an mangelhafte oder falsche Funktion zu denken. Dennoch könnte ja das Augenscheinlichste am Krankheitsbild sekundärer Natur sein, doch soll später näher darauf eingegangen werden.

So schließt sich also an die vielfältigen Erkenntnisse und Theorien zur Erforschung der Ätiologie der Karies neben dem Wissen von der hohen Bedeutung der Ernährung als letztes Glied der Kette die Betrachtung

der Funktion und die Auswertung ihrer Veränderungen.

Bis auf den heutigen Tag hat sich aus der Summe der Vorstellungen keine Theorie als unbedingt richtige, allgemein gültige entwickeln können, wenn man auch Millers Lehre als Fundament anzusehen geneigt ist. Es wird daher zu rechtfertigen sein, wenn im folgenden der Versuch dargelegt wird, einen weiteren Beitrag zur Kariesätiologie zu liefern, in der Hoffnung, daß er nützlich sein möge, und in der Gewißheit, daß, wenn so Stein zu Stein getragen wird, in absehbarer Zeit ein abschließendes Urteil über diese so gefährliche Volkskrankheit gesprochen werden kann.

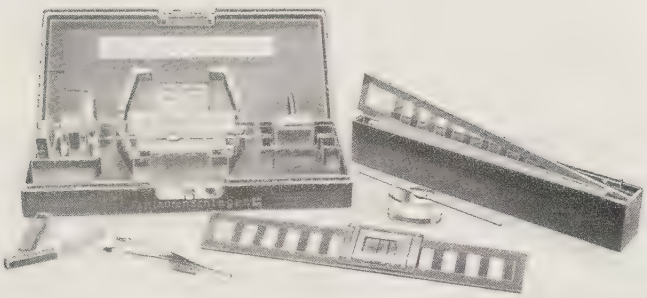
Wenn man die heute vorherrschende Ansicht und auch offizielle Lehrmeinung über Wesen, Ursache und Entstehung der Karies kurz darstellen will, so wäre sie etwa folgendermaßen zu umreißen: Alle prädisponierenden Ursachen der Karies sind voll zu würdigen, wesentlich sind die Einflüsse der Umwelt, Konstitution und Ernährung, der Kariesbeginn jedoch setzt immer am Schmelzoberhäutchen ein. Aus retinierten Kohlehydraten wird von Bakterien Säure durch Gärung entwickelt, die das Schmelzoberhäutchen und ferner die anorganischen Bestandteile des Schmelzes entkalkt. In diese entkalkten Bezirke dringen leicht weitere Bakterien, vor allem Azidobakterien ein, die ihrerseits Säure, und zwar bis zu 0,25% Milchsäure, produzieren und entkalkend wirken. Die organische Substanz, vor allem die des Zahnbeins, wird dann

leicht durch mitfolgende proteolytische Keime zerstört. Entkalkung und Verdauung des entkalkten Gewebes geschieht gleichzeitig durch die Mikroorganismen.

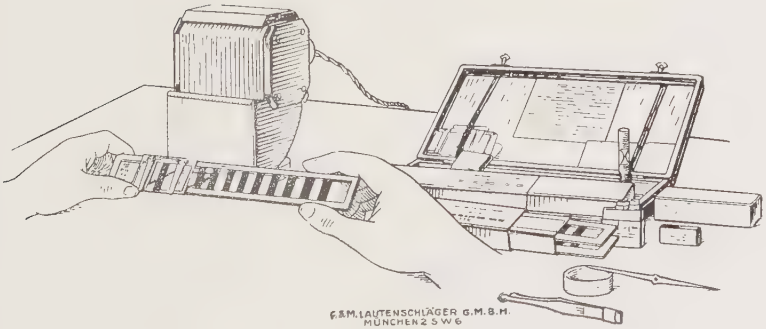
Diese Theorie ist gut fundiert und ist von zahlreichen namhaften Wissenschaftlern wiederholt erhärtet und bekräftigt worden. Zahllose mikroskopische und pathohistologische Präparate wurden zur Nachprüfung dieser Vorstellungen angefertigt.

Zur weiteren Nachprüfung und klareren Erkenntnis der Vorgänge bei der beginnenden Karies und der in den tieferen Schichten habe ich es mir zur Aufgabe gemacht, einmal an Hand ausgedehnter exakter Untersuchungsergebnisse die Reaktion des Gewebes festzustellen, in dem sich der kariöse Prozeß abspielt. Denn, wenn die oben beschriebene Darstellung vom Eindringen der Bakterien, ihrer Säureproduktion und Entkalkung zu Recht bestand, mußte in den befallenen Bezirken entsprechend saure Reaktion herrschen. Die Reaktion mußte umso saurer sein, je kariöser ein Bezirk war, d. h. je stärker und umfangreicher die Entkalkung um sich griff. Andrerseits mußte in den von der Karies noch nicht befallenen Partien die Reaktion blutalkalisch sein oder doch, da das Gewebe sich durchweg etwas saurer verhält als das Blut (also ein gewisses Säuregefälle zwischen beiden besteht,) mindestens neutral bzw. schwach sauer.

Ob ein Stoff oder dessen Lösung neutrale bzw. mehr oder weniger saure, oder alkalische Reaktion zeigt,



Der Folienkolorimeter nach Wulff
(F. & M. Lautenschläger, München)



bestimmt die Konzentration an Wasserstoffionen. Säuren haben die ganz besondere Fähigkeit, Wasserstoff (H)-Ionen zu bilden, während den Basen oder Laugen die Eigenschaft zukommt, H-Ionen aufzufangen und zu binden. Aus diesem Grunde ist die H-Ionenkonzentration in sauren Lösungen größer, in basischen Lösungen kleiner als im neutralen reinen Wasser. Um einen bequemen Maßstab für den Gehalt einer Lösung an H-Ionen zu erhalten, hat man pie pH-Skala aufgestellt (wobei „pH" eigentlich den negativen Logarithmus der H-Ionenkonzentration darstellt). Danach liegen

zwischen pH 0 — 6 die sauren Lösungen,
bei pH 7 die neutralen, und
zwischen pH 8 — 14 die alkalischen Lösungen.

Es entspricht also einem niedrigen pH-Wert eine hohe Säurekonzentration.

Einer 0,25% Milchsäure, wie sie auf Grund der Tätigkeit von Azidobakterien, wie oben beschrieben, angenommen wird, entspricht ein pH-Wert von 3,2. (1/100 normal: 2,95, 1/1000 normal: 3,50).

Es galt nun, mit einem feinen Indikator die verschiedenen Bezirke kariöser Prozesse auf ihre Reaktion zu untersuchen und festzustellen, ob der pH-Wert der entsprechenden kariösen Massen dem angenommenen Säuregrad entspricht.

Ich bediente mich dazu des von der Firma F. & M. Lautenschläger - München, jüngst herausgebrachten

Folien-Kolorimeters nach Wulff, der sehr genaue und exakte Messungen, zumal mit Hilfe der eigens konstruierten Kolorimeterlampe, erlaubt. Diese Methode hat vor anderen kolorimetrischen, aber auch vor allen sonstigen, sogar elektrischen Meßverfahren den unbedingten Vorzug, daß mit ihrer Hilfe auch kolloidale Lösungen, breiige und teigförmige Massen untersucht und gemessen werden können, während man sonst auf das Vorhandensein klarer Lösungen angewiesen ist. Auch der Gefahr von Meßfehlern infolge Eigenfärbung oder Trübung der verschiedenen Substanzen und dadurch bedingten Verschleierns oder Verdeckens der absoluten Reaktion ist durch die Methode nach Wulff weitgehend begegnet. Das Prinzip der Meßmethode mit dem Folienkolorimeter nach Wulff ist kurz folgendes:

Die pH-Messung der zu untersuchenden Substanz erfolgt mittels glasklarer, chemisch indifferenter Zellulosestreifen, die mit Indikatorfarbstoff imprägniert sind.

Indikatoren sind Farbstoffe, die in Lösungen verschiedener H-Ionenkonzentration verschiedene Färbungen annehmen, wie das z. B. auch mit dem altbekannten Lackmuspapier der Fall ist. Der sogenannte Umschlagsbereich eines Indikators, innerhalb dessen Farbänderungen vor sich gehen, umfaßt meist rund 2 — 2,5 pH-Einheiten. Die Zahl der Indikatoren ist sehr groß, und für den gesamten Meßbereich von 2 bis 12 pH gibt es verschiedene Farbstoffe. Ich habe mich in meinen

Versuchen mit den folgenden drei Indikatoren begnügt:
Bromphenolblau für Werte von 2,6 — 5 pH,
Farbumschlag gelb - blauviolett,
Bromkresolpurpur für Werte von 5 — 7,2 pH,
Farbumschlag gelb - purpur,
Phenolrot für Werte von 7 — 9 pH,
Farbumschlag gelb - rot.

Die mit diesen Indikatorfarbstoffen imprägnierten Streifen taucht man nun für 1 bis 2 Minuten in die Lösung oder drückt sie auf den Probebrei, worauf sie unter Quellung Wasser und die im Wasser gelösten Ionen aufnehmen. Bald erfolgt der Farbumschlag. Die Folie wird mit einer Standardvergleichskala verglichen, die aus einer Reihenfolge lichtecht gefärbter Blättchen zwischen Glas aufgebaut ist, und die einzelnen Farbtöne des Umschlagsgebiets in Abständen von 0,2 pH aufweist. Man vergleicht die gefärbte Folie mit der Skala und liest dort, wo Farbgleichheit oder wenigstens Ähnlichkeit herrscht, den pH-Wert mit einer Genauigkeit von 0,1 bis 0,2 pH ab. Der Meßbereich des Folienkolorimeters reicht von 1,6 bis 12,2 pH, sodaß man alle vorkommenden Messungen leicht durchführen kann.

Ich habe nun folgende Versuchsanordnung getroffen: Frisch extrahierte kariöse Zähne wurden sofort ohne jegliche Behandlung mit Hilfe einer Diamantscheibe zerschnitten. Die dann freiliegenden oberflächlichen kariösen Schichten wurden zur Untersuchung nicht verwandt, da sie unter der Einwirkung des Schleifkörpers und der beim Schneiden sich entwik-

kelnden Wärme in ihrer Reaktion verändert sein mochten. In anderen, den meisten, Fällen aber wurde der kariöse Zahn unter einer Presse gesprengt oder zertrümmert, immer jedoch peinlich darauf geachtet, daß die zur Messung verwandten Partikel durch mechanischen Insult nicht gelitten haben konnten. Mit scharfen Löffeln (Excavatoren) habe ich dann jeweils aus den verschiedenen interessierenden Zonen kariöses Material entnommen und in einem Schälchen mit einem Tropfen destillierten Wassers mittels Glasstab verrührt und innig gemischt. Diese Verdünnung auf das höchstens Zweifache durfte ich mir gestatten, da wir es bei allen Geweben und Flüssigkeiten des Körpers mit außerordentlich gut gepufferten Lösungen zu tun haben, die eine Verdünnung auf das Doppelte oder Dreifache ohne merkliche Veränderung des pH-Wertes vertragen. Ueberdies konnte ja eine pH-Änderung infolge der Verdünnung um weniger als 0,1 pH in Kauf genommen werden. Die entsprechende Indikatorfolie habe ich dann mit der so bereiteten kariösen Masse innig in Berührung gebracht und 1 bis 2 Minuten, je nach Vorschrift, in Kontakt belassen. Unmittelbar anschließend wurde die „umgeschlagene Folie" dann mit der Standardskala verglichen, und der genaue pH-Wert abgelesen. Bei nicht völliger Farbgleichheit habe ich das Mittel zwischen beiden Nachbarwerten genommen und damit eine Genauigkeit bis 0,1 pH erreicht.

Es wurden insgesamt rund 300 brauchbare Zähne untersucht. Bei vielen war es möglich, zwei Proben zu

entnehmen, eine aus kariösem Schmelz, die zweite aus kariösem (erweichtem) Dentin. Bei kariösen Prozessen am Zahnhals habe ich stets die oberflächliche Schicht entfernt, weil sie zum allergrößten Teil aus retinierten und gärenden Kohlehydratresten mit einem gemessenen pH-Wert von 4 bis 6,4 bestand, während die darunter liegenden Schichten zweifelsohne dem Dentin angehörten.

Ich habe mich immer sorgfältig davor gehütet, Pulpenreste mit in die Proben einzubeziehen, um sicher eine dadurch bedingte Änderung des pH-Wertes tiefliegender Zahnbeinmassen zu vermeiden. Freiliegende Dentinschichten bei tiefer Zerstörung des Zahns wurden nicht untersucht, denn in diesen Fällen ergaben Probemessungen gegenüber kariösem Schmelz keinen Unterschied.

Von 183 untersuchten kariösen Schmelzmassen (oberflächliche Schichten) zeigten

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | einen | pH-Wert | von | 3,8 |
| 6 | „ | „ | „ | 4 |
| 3 | „ | „ | „ | 4,2 |
| 3 | „ | „ | „ | 4,4 |
| 5 | „ | „ | „ | 4,6 |
| 6 | „ | „ | „ | 4,8 |
| 7 | „ | „ | „ | 5 |
| 14 | „ | „ | „ | 5,2 |
| 16 | „ | „ | „ | 5,4 |
| 27 | „ | „ | „ | 5,6 |
| 31 | „ | „ | „ | 5,8 |

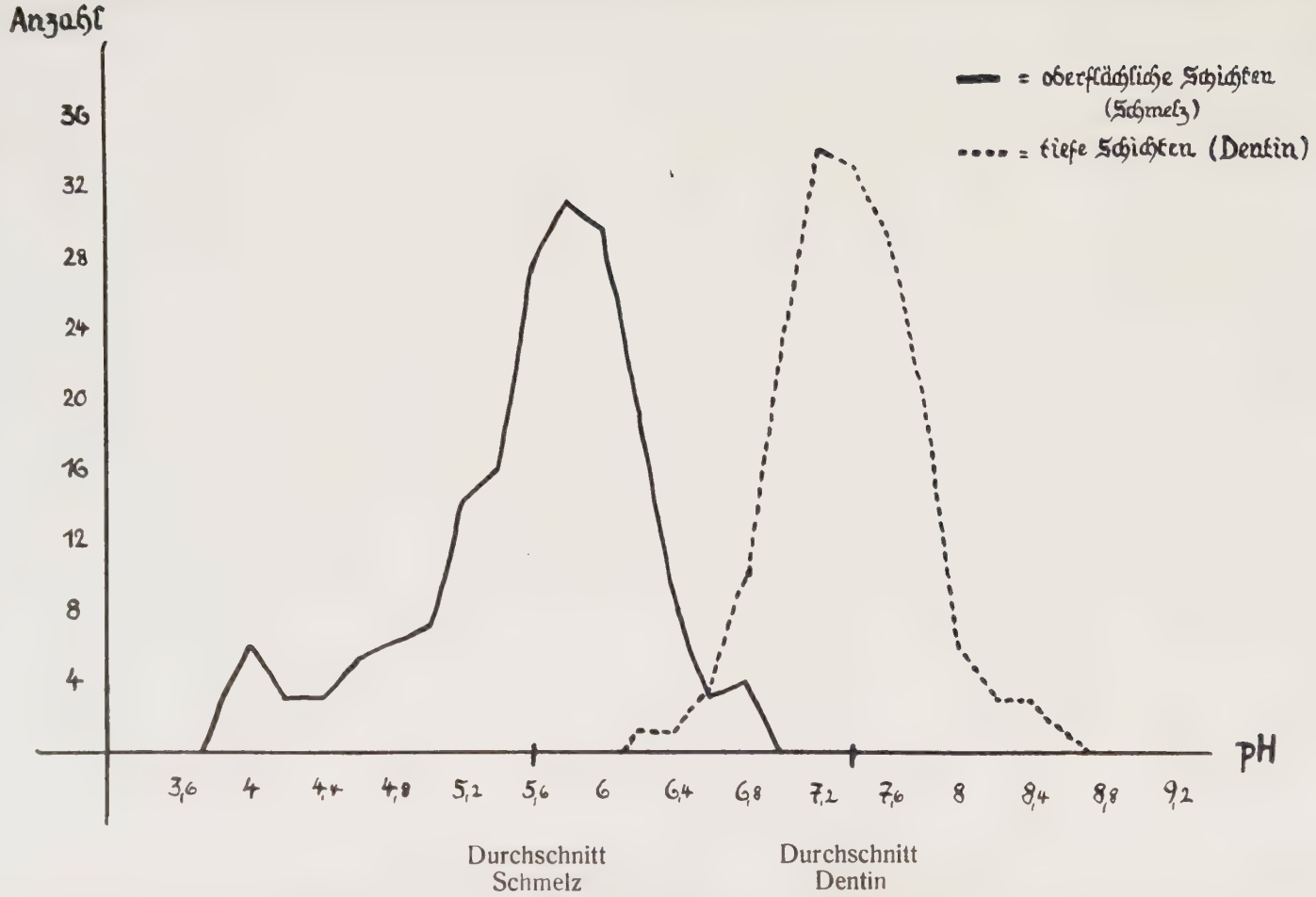
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 29 | einen | pH-Wert | von | 6 |
| 19 | „ | „ | „ | 6,2 |
| 8 | „ | „ | „ | 6,4 |
| 3 | „ | „ | „ | 6,6 |
| 4 | „ | „ | „ | 6,8 |
| 1 | „ | „ | „ | 7 |

Das ergibt einen Durchschnitt von 5,6 p H.

Eine Probe ergab einen pH-Wert von 2,8, zwei weitere einen pH-Wert von fast 9. Ich führe diese Resultate auf Versuchsfehler (Verunreinigungen) zurück.

Von 168 untersuchten kariösen (erweichten) Dentinmassen, einschließlich Zahnhals- und Wurzeldentin, zeigten

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | einen | pH-Wert | von | 6,2 |
| 1 | „ | „ | „ | 6,4 |
| 4 | „ | „ | „ | 6,6 |
| 10 | „ | „ | „ | 6,8 |
| 23 | „ | „ | „ | 7 |
| 34 | „ | „ | „ | 7,2 |
| 33 | „ | „ | „ | 7,4 |
| 29 | „ | „ | „ | 7,6 |
| 20 | „ | „ | „ | 7,8 |
| 6 | „ | „ | „ | 8 |
| 3 | „ | „ | „ | 8,2 |
| 3 | „ | „ | „ | 8,4 |
| 1 | „ | „ | „ | 8,6 |


Anzahl
36
32
28
24
20
16
12
8
4
= oberflächliche Schichten (Schmelz)
= tiefe Schichten (Dentin)
pH
3,6
4
4,4
4,8
5,2
5,6
6
6,4
6,8
7,2
7,6
8
8,4
8,8
9,2
Durchschnitt Schmelz
Durchschnitt Dentin

Das ergibt einen Durchschnitt von 7,4 pH.

Auch hier waren offenbar Versuchsfehler (Verunreinigungen) schuld, daß eine Reihe von Proben pH-Werte von 4, 4,4, 5,2, 5,4 und 9 ergaben.

Zur Veranschaulichung dieser Ergebnisse habe ich ein Schaubild angefertigt, aus dem klar wird, wie die Verhältnisse liegen. Auf der Abszisse sind die einzelnen Meßbereiche, auf der Ordinate die Zahl der untersuchten Fälle abgetragen.

Diese Ergebnisse reden eine deutliche Sprache. Denn sie weisen deutlich darauf hin, daß in der Tat in den oberflächlichen Schichten (Schmelz) des von der Karies ergriffenen Zahns, wie wir sie vor allem bei der Zahnhals- und Fissurenkaries vor uns haben, saure Reaktion herrscht, und zwar offensichtlich bedingt durch die in den Spalten, Rissen und Löchern, den „Retentionsstellen" gärenden Kohlehydrate, und auch sicherlich bedingt durch die Tätigkeit der Azidobakterien, die man so häufig und zweifelsfrei dort nachgewiesen hat. In den tieferen Schichten aber, im erkrankten Dentin bis zur Pulpa hin, herrscht keine saure Reaktion, sondern im Gegenteil alkalische, und zwar mitunter sehr deutlich alkalische.

Das wird verständlich, wenn man bedenkt, daß dort in der Tiefe ja auch keinerlei Kohlehydrate gären können, und daß man Azidobakterien dort überhaupt nicht

gefunden hat, es sei denn gegen die Oberfläche hin in Form von Spähtrupps oder „Pionieren". Und dennoch ist das gesamte Zahnbein „kariös", d. h. erweicht, erkrankt. Und zwar mit am deutlichsten basischer Reaktion beim weichsten und am meisten erkrankten Dentin.

Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß ich bei dieser Darlegung vom Normalfall der sogenannten Caries profunda spreche, nicht etwa von jenen fortgeschrittenen Stadien, in denen es bereits zum Einbruch der ganzen Schmelzdecke zum Offenliegen des Dentins und dessen Inkrustation mit Bakterien und Speiseresten gekommen ist.

Ich bin sicher, daß die Reaktion der erkrankten tieferliegenden Zahnbeinmassen als noch alkalischer hätte gemessen werden können, wenn nicht der Eiweißcharakter eines großen Teils des Dentins in Betracht gezogen werden müßte. Solche Eiweißstoffe mit ihren Abbauprodukten reagieren chemisch meist als Ampholyte und haben infolge ihres chemischen Aufbaues amphotere Natur, d. h. sie können sowohl als schwache Base wie auch als schwache Säure wirken. Tritt nun zu einem solchen Ampholyten eine Base, so wirkt der Ampholyt als Säure, das heißt, er bildet mit der Base ein Salz (z. B. Natronlauge + Glykokoll = Natriumglykokoll). Dieses Salz wird nun die alkalische Reaktion seiner Umgebung und die dort sich abspielenden alkalischen Vorgänge herabdrücken, der Meßwert wird ein geringerer sein, als es den tatsächlichen

Verhältnissen entspricht. Ein Teil der organischen Dentinsubstanz wird unter den basischen Bedingungen beim Zerfall ebenso reagieren, und die pH-Meßwerte erscheinen daher niedriger, als sie tatsächlich sind.

Man kann aber nun nicht sagen, daß ebenso gut ja auch die nach Miller angenommene vordringende Säure durch Salzbildung des Ampholyten Dentin neutralisiert werden könnte. Man müßte dann aber wenigstens noch schwach saure, höchstens neutrale Reaktion gefunden haben. Das Meßergebnis spricht aber von deutlichen alkalischen Werten, und deshalb kann von einer vordringenden, dann vielleicht neutralisierten Säure keine Rede sein.

Diese klare Alkalose des Dentins, das erkrankt und vermorscht erscheint, kann also ihre Entstehung nicht den Einflüssen verdanken, die von außen her als chemisch-parasitärer Komplex zum Angriff auf den Zahn schreiten. Wir müssen notgedrungen nach dem Feind in anderen Lagern suchen.

Es eröffnet sich hier eine ganze Welt von Vorstellungen und Hypothesen, deren keine Anspruch haben kann, als die einzige absolut richtige zu gelten. Geht man jedoch zur Klärung dieser Frage ganz nüchtern und sachlich vor, ohne sich allzusehr in abstrakte Theorien zu verlieren, so findet man auf realer Basis notwendig zwei Dinge, die für das Morschwerden des Dentins und seine schwere Erkrankung verantwortlich erscheinen: einmal muß die Funktion des Zahns von Bedeutung sein und zweitens sein Stoffwechsel, seine

und des Körpers Ernährung. Daneben aber werden alle Einflüsse, die endogen bedingt sind, zu würdigen sein, und man wird sich ein abgerundetes Bild von der Ätiologie der Krankheit ohne diese ebensowenig machen können, wie wenn man eine andere Krankheit des Körpers untersucht.

Balters hat wiederholt darauf hingewiesen, wie außerordentlich wichtig die Funktion des Zahns und der Kiefer für den Bestand des Kauorgans ist. Falsche Artikulation, ungesunde Verhöckerung, mangelnde Abrasio und einseitige Belastungen sind nur wenige von den wesentlichen Faktoren, die zu den größten Schädigungen des Kauorgans führen müssen. In dem harten Schmelz- und Alveolarknochen-Mantel wohlgeborgen befindet sich das viel weichere Dentin, das, wie Balters ausführt, außerordentlich dehnbar ist und sich sogar bis zu 9% zusammendrücken läßt. Bei allen Druckbelastungen wird also das Dentin empfindlich in Mitleidenschaft gezogen, vornehmlich natürlich an den Stellen, an denen es des Schmelzpanzers so gut wie entbehrt, am Zahnhals. Balters hat bewiesen, daß gerade diese Stellen bei falsch auftretenden, besonders einseitigen Drucken auf die Zahnkrone verhältnismäßig starke Durchbiegungen zu erleiden haben, gegen die sich der Zahn naturgemäß zu schützen sucht. Dies geschieht durch Kalkapposition in den gefährdeten Gebieten, die als Stützzonen zu bezeichnen sind. Sie stellen „einmal eine Verdichtung des Dentins dar und tragen zum andern für einen Ausgleich der Belastung Sorge. Gelingt die Apposition und die Ver-

kalkung in dem erforderlichen Maße nicht, oder wird sie durch anhaltenden Druck gestört, dann muß die Beeinträchtigung des Dentins die notwendige Folge sein, d. h. sie muß sich in dem Ausfall der Lebensfunktionen zu erkennen geben". Genau so liegen auch die Verhältnisse in den übrigen Dentinpartien, die auf einseitige Drucke und Druckunterschiede zunächst mit Bildung von Stützzonen, dann aber mit schwerster Störung der Lebensfunktionen reagieren müssen. So sind auch die viel beschriebenen Zonen der Transparenz, der Verfettung usw. nicht als Folge des Anmarsches von Bakterien in weiter Ferne aufzufassen, sondern als selbstständige Störungen des Stoffwechsels und der Funktion von innen her. Eine wichtige Rolle werden hier auch die Pulpitiden spielen, da sie die Odontoblasten zur Abwehrtätigkeit veranlassen und Dentinumbau bedingen.

Ist aber das Leben einmal erloschen, so hat das Dentin seine Fähigkeit verloren, andauernden Reizen mit entsprechenden Vorsichts- oder Hilfsmaßregeln zu antworten. So wie im Körper der gesunde Knochen eine hohe Elastizität besitzt, diese aber beim Krankwerden völlig verliert — man denke an die rachitischen Knochenverbiegungen —, so kann auch das kranke Dentin den hohen Anforderungen der Elastizität und des Druckausgleichs nicht mehr entsprechen, es kehrt nicht mehr in die Normallage zurück; es bleibt deformiert. — Das deformierte und unterernährte, seiner organischen Substanz beraubte Dentin aber (seine Dentinkanälchen sind leer!) fällt der Verödung und Ver-

morschung anheim, wie ein Haus ohne Mörtel. Es wird deutlich, daß dieser Morschvorgang mit „Karies" nichts mehr zu tun hat, sondern allein Ausdruck einer schweren Stoffwechselstörung von innen her ist. Auch bei ganz intaktem Schmelz von Zähnen, die offenbar aus prothetischen oder orthodontischen Gründen geopfert worden waren, fand ich diese Erweichung und Vermorschung des Dentins mit schwach basischer Reaktion.

Erst später, wenn der starre Schmelzmantel den auftreffenden Drucken und Belastungen nicht mehr standhalten kann, weil ihm die solide Unterlage gesunden Dentins fehlt, kommt es zu Schmelzrissen und -sprüngen, zu Einsturz und Bruch. Dann steht den Bakterien der Weg in die Tiefe offen, und sie vollenden das Werk der Zerstörung.

Ein Wort ist noch zu sagen über die an der Zahnoberfläche vielfach sichtbaren Verfärbungen, die sogenannten „braunen Flecken". Auch diese haben mit Karies („Entkalkung") direkt nichts zu tun, und ich folge Balters, wenn ich sie als „nichts anderes als die Oberflächen mehr oder weniger geschädigten Dentinpartien" ansehe. Sie „können kariesfrei bleiben .., sie sind aber besonders für die Karies disponiert, da ihnen jeder Schutz fehlt und sie umso kariesanfälliger sind, je anhaltender die Beeinträchtigungen durch anhaltende Druckbelastungen sind".

Aber nicht nur die falsche Funktion im Sinne falscher und einseitiger Drucke, sondern auch der

Mangel an Funktion ist von ausschlaggebender Bedeutung für den Bestand des Zahns. Verheerend sind die Folgen der Nichtbetätigung oder mangelhaften Tätigkeit des Kauapparats beim Kleinkind. Das Flaschenkind arbeitet nicht, es saugt und schlingt, ohne seinen Kiefern und Muskeln (auch Zunge) Arbeit zu geben, während das Brustkind mit großem Kraftaufwand fortwährende anstrengende Melkbewegungen ausführt, die sich in normaler Entwicklung der Muskulatur und der Kiefer, sowie richtiger Einstellung der Bißebene und der Zähne auswirken (Balters).

Viele Stimmen haben sich ferner erhoben, um nachdrücklich auf die dringend erforderliche Umstellung im „Wie" der Ernährung hinzuweisen. Die Normalkost des heutigen zivilisierten Menschen gibt durch ihre weiche und breiige Konsistenz dem Zahn und Kiefer nichts zu tun: sie haben keine Arbeit, werden träge und krank.

Damit ist genügend dargetan, in welch hohem Maße die Gesundheit des Zahns und seine Resistenz gegen die Karies von seiner Funktion abhängt, wenn schon sein Erkranken und Morschwerden nicht dem bloßen Eindringen von Bakterien und einer ungünstigen Säuremischung zu verdanken ist, wie das aus meinen Versuchen hervorgeht.

Mehrfach war zuletzt die Rede von Stoffwechselstörungen in den Geweben des Zahns, von Unterernährung und Erlöschen der Lebensfunktionen. Es liegt auf der Hand, daß für diese Symptome nicht allein die

Dysfunktion des Kauorgans verantwortlich sein kann. Wenn meine Messungen gezeigt haben, daß das ernährungsgestörte „kariöse", sprich erweichte, Dentin alkalische Reaktion hat, und daß deshalb von außen her kein Angriff auf den „inneren Zahn" erfolgt sein kann, dann muß neben den oben beschriebenen Schädigungen infolge Dysfunktion das Krankmachende von innen her eingedrungen sein. Und da der Zahn weder ein bloßes Werkzeug noch ein isoliertes Organ ist, sondern in inniger Berührung mit dem Körper steht, völlig teilhat am Blutstrom und Säfteaustausch, wird der Grund für das Schwinden seiner Gesundheit ganz allgemein im Körper zu suchen sein.

Lebendes Gewebe atmet, arbeitet und verbraucht, daher bedarf es der Ernährung durch die zu- und abführenden Blutwege. Das „Was" in der Ernährung ist somit eine weitere wichtige Frage, die man sich stellen muß, wenn man nach Gründen für Krank- und Gesundsein des Zahnes sucht. Die geschichtlichen und vorgeschichtlichen Untersuchungen Eulers haben bewiesen, daß die Menschen vor ungefähr 4000 Jahren an Karies so gut wie gar nicht litten; dagegen waren die Zähne gut abgekaut (Abrasio!). Die damalige Ernährungsweise hat demnach den Erfordernissen des Körpers entsprochen, die Kariesfreiheit war also endogen bedingt. Daß unsere Ernährung falsch ist, und daß es gründlicher Reformen bedarf, darüber ist sich die Wissenschaft im großen Ganzen einig, und es ist eine gewaltige Anzahl von Arbeiten erschienen, die

immer wieder zu dem Ernährungsproblem des modernen Menschen Stellung nahmen. Die Ausbeute dieser intensiven Forschungen kann nur schwer in Kürze umrissen werden:

Unsere Nahrung muß von Grund auf geändert werden. Schon die Ernährung der Schwangeren mit vitamin- und mineralsalzreicher Kost ist von größter Wichtigkeit im Hinblick auf die Gesundheit des Kindes, besonders was die rechte Einstellung und Funktionstüchtigkeit des künftigen Kauorgans betrifft. Unter allen Umständen muß dem „Säugling" Muttermilch gegeben, möglichst spät erst soll er abgesetzt werden. Neben dem maßgeblichen Wert der Sauggymnastik für Muskulatur und Kiefer können dem Kinde nur durch Brustnahrung die notwendigen und wesentlichen Aufbaustoffe in genügendem Maße gegeben werden. Auch weiterhin soll sich unsere Kost mehr und mehr den natürlichen Verhältnissen anpassen, reich an frischen Gemüsen und Früchten sein, jede Eiweißüberlastung vermeiden, Mineralsalze und Vitamine in ausreichender Menge zuführen, alle verfeinerten Koch- und Würzmethoden fortlassen, kochsalzarm und ungiftig sein. Im Ganzen werden wir uns mit Vorteil der Nahrung bedienen, die die Natur uns darbietet, und die offensichtlich seit Jahrtausenden menschliche Kost dargestellt hat, ohne lange zu erörtern, ob der Mensch nun Fruchtesser oder Fleischesser sei. Bestimmt ist nur, daß er keines von beiden ausschließlich ist, wenn auch Anlage und Form seiner Zähne und Kiefer zur ersten Auffassung neigen lassen.

Daß nun aber falsche Ernährung im Verein mit den oft so groben Verstößen gegen eine frische und natürliche Lebensweise zu den schwersten Gesundheitsstörungen und Allgemeinerkrankungen führen kann, erhellt deutlich aus dem Beispiel der Rachitis, das hier umso wertvoller ist, als es eine gewisse Verwandtschaft zwischen der rachitischen Knochenverbiegung und der Vermorschung eines ähnlichen Hartgewebes, des Dentins, aufzeigt. Hier wie dort zweifellos eine schwere Ernährungsstörung, gleichgültig, ob man ihre Ursachen in einer Hypovitaminose, einer falschen Säftemischung der Nahrung, oder einer Hypo- oder Hyperfunktion von endokrinen Drüsen sucht. Man kann weiterhin die Konstitution, eine erhöhte Krankheitsbereitschaft, Disharmonien zwischen Hormonen und Fermenten oder gar die Zivilisation schlechthin dafür verantwortlich machen, — das Bild bleibt das gleiche, und mit ihm die Erkenntnis, daß diese schweren Störungen durch richtige Ernährung von klein auf, gesunde und natürliche Lebensweise weitgehend vermieden und behoben werden können.

Mit diesen Hinweisen ist schon aufgezeigt, worauf sich ein ganz besonderes Augenmerk bei der Therapie der Karies zu richten hat. Von großer Bedeutung ist weiterhin die schon oben erwähnte Herstellung normaler Funktionsverhältnisse, Vermeidung falscher und einseitiger Drucke, Schaffung — wenn nötig künstlich — normaler Abrasio und gesunder Artikulation, Beseitigung aller Retentionsstellen für

gärungsfähige Stoffe. Gerade das Letztere erscheint besonders wichtig, da, wie wir gesehen haben, auf den gärenden Kohlehydratresten in Schlupfwinkeln, Rissen und Löchern die Bakterien zu nisten pflegen, die im sauren Medium ihre zerstörende Tätigkeit am Schmelz entfalten können. Das darf aber keinesfalls dazu führen, nun jedwede Säure aus dem Munde zu verbannen. Ein sauberes, funktionstüchtiges, jeglicher Schlupfwinkel bares Gebiß bei harter und gesunder Kost wird gar keine Gefahr laufen, gärende Reste mit Bakterienfilmen zu beherbergen. Völlige Säurelosigkeit würde vielmehr dem Fortschreiten der „Karies" (nun im Sinne einer Schwächung und Vermorschung des Zahns) nur Vorschub leisten, denn diese Vorgänge verlaufen, wie wir sahen, rapider bei Alkalose als bei normaler Säuerung. Und es ist weiterhin zu bedenken, daß im sauren Gebiet schnelle Abtötung der Keime erfolgt, daß sogar die Azidobakterien in stärker sauren Medien garnicht leben können. Es wäre zudem unnatürlich, die Reaktion in der Mundhöhle mit allen Mitteln auf neutral oder basisch zu bringen, denn der Speichel selbst hat normaliter einen pH-Wert von 5,0 — 7,2, ist also im Durchschnitt schwach sauer bis neutral. Bei Diabetikern reagiert der Speichel stärker sauer (auch im Blut herrscht Azidose!), und doch betonen alle Forscher einmütig, daß das Gebiß des Zuckerkranken durchweg kariesfrei ist. Früchte und Fruchtsäfte mit ihren Fruchtsäuren reagieren relativ stark sauer, und dennoch gehören sie zu der natürlichsten und in den kariesfreien prähistorischen Zeiten wohl üblichen Nah-

rung. Ueberhaupt stellt die saure Reaktion bei allen Lebensmitteln den natürlichen Zustand dar, und ich lasse zur Bekräftigung eine Aufstellung der gebräuchlichsten Nahrungsmittel (nach Kordatzki) folgen:

| | | |
|---|---|---|
| Zitronensaft | 2,1 — 2,5 | pH |
| Apfelsinensaft | 3,1 — 4,1 | .. |
| Traubensaft | 3,0 — 3,3 | .. |
| Kirschsaft | ca. 2,5 | .. |
| Apfelsaft | 3,5 — 3,8 | .. |
| Pflaumensaft | ca. 4,1 | .. |
| Rhabarber | ca. 3,1 | .. |
| Tomaten | 4,2 | .. |
| Gurken | 5,1 | .. |
| Schnittbohnen | 5,2 | .. |
| Kartoffeln | 5,6 | .. |
| Rüben | 6,1 | .. |
| Honig | 3,1 — 5,1 | .. |
| Milch | 6,3 — 6,5 | .. |
| Molken | 1,6 — 2,6 | .. |
| Mehlauszug | 5 — 6,5 | .. |
| Brotteig | 4,7 — 5,5 | .. |
| Bier | 3,4 — 4,9 | .. |
| Wein | 2,8 — 3,8 | .. |

Es wäre doch merkwürdig, daß alle diese Nahrungsmittel eine für die Mundhöhle und den Kauapparat ungünstige oder gar schädliche Reaktion hätten, und daß man sich nach Genuß solcher Nahrung zu beeilen hätte, durch Zufuhr alkalischer Substanz oder Spülungen wieder „normale" Reaktionsverhältnisse zu schaffen.

Unsere Altvordern haben sicherlich davon nichts gewußt, haben eben diese gleichen Nahrungsmittel

unbekümmert und ohne nachfolgende Maßnahmen zu sich genommen, — und hatten gesunde Zähne.

Was ferner die Erhaltung der Vitamine angeht, so erfolgt bei neutraler bzw. alkalischer Reaktion eine raschere Zerstörung als bei saurer Reaktion.

Wenn wir also therapeutisch, oder besser prophylaktisch, von der Mundhöhle aus etwas gegen die Karies tun können, dann bedeutet das: Vermeiden der Alkalose und natürliche Säurezufuhr, wie sie uns durch die Nahrungsmittel, Früchte usw. gegeben ist. Darüber hinaus kann mit sauren Mundwässern viel erreicht werden. (Mir ist mehrfach berichtet worden, daß nach regelmäßigen Spülungen mit stark verdünnter Milchsäure die Karies sistierte!) Auch die Wahl der Füllungsmaterialien ist von erheblicher Bedeutung, und man wird sich mit Vorteil wieder mehr des säureabspaltenden Kupferamalgams anstelle der übrigen dauerplastischen Füllungen bedienen.

Nachdem nun also klar geworden ist, daß die Zahnkaries ein Schrumpf- und Morschvorgang auf Grund schwerster Ernährungsstörungen ist, für den ätiologisch ein Komplex von Schädlichkeiten verantwortlich ist, und daß der chemisch-parasitäre Vorgang von außen her wohl nur sekundärer Natur zu sein scheint, ergeben sich für Therapie und Prophylaxe die beschriebenen, ganz konkreten Maßnahmen, die das Kauorgan von außen her und von innen her angehen, und die ihm helfen sollen, gesund zu werden und gesund zu bleiben.

Ich empfinde es als angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Balters für die freundliche Überlassung des Themas und seine liebenswürdige Unterstützung verbindlichst zu danken.

Weiterhin bin ich Herrn Prof. Dr. Schulemann für seine freundliche Mithilfe zu besonderem Danke verpflichtet.

Ebenso möchte ich hier der Firma Lautenschläger in München, die mir in zuvorkommender Weise ihre Meßapparate zur Verfügung stellte, meinen besten Dank abstatten.

# Lebenslauf.

Ich, Julius Ingendaay, wurde geboren am 21. 3. 1913 in Wesel am Rhein als Sohn des Kaufmanns und Verlegers Peter Jakob Ingendaay und seiner Frau Anna Maria, geb. Langenberg. Nach dem Besuch der Grundschule und des Staatl. Gymnasiums zu Wesel bestand ich dort Ostern 1930 die Reifeprüfung. Nachdem ich bis 1932 an den Universitäten Bonn und Münster Medizin studiert hatte, mußte ich aus wirtschaftlichen Gründen das Studium abbrechen. Die folgenden Jahre waren dem Erwerb von Studiengeldern durch eigenen Verdienst gewidmet. 1935 genügte ich meiner Arbeitsdienstpflicht und begann mein zahnärztliches Studium an der Universität Bonn. Dort bestand ich im Frühjahr 1937 das zahnärztliche Physikum und am 12. 5. 1939 das zahnärztliche Staatsexamen und erhielt gleichzeitig die Approbation als Zahnarzt.

# Literaturverzeichnis.


Balters, Aus der Praxis der konservierenden Zahnheilkunde. Leipzig 1935.

Balters, Die Bedeutung der Funktion für den Bestand des Zahns, München 1937.*)

Balters, Über die Bedeutung der Funktion. Jahrbuch der Zahnheilkunde. Stuttgart 1938.

Balters, Kernfragen der Wurzelbehandlung. D. Z. W. 36/1936.

Bircher-Benner, Ernährungsprophylaxe der Zahnkaries. München 1937.*)

Euler, Lehren aus der Altertumsforschung für die Kariesprophylaxe. München 1937.*)

Heinrich, Biologische Therapie in der Zahnheilkunde. Berlin 1935.

Heinrich, Zähne und Ernährung. München 1937.

Heinrich, Die Kariesprophylaxe im Lichte der biologischen Medizin. München 1937.*)

Kolthoff, Der Gebrauch von Farbindikatoren. Berlin 1926.

Kordatzki, Taschenbuch der praktischen pH-Messung. München 1938.

Kranz, Klinische Zahnheilkunde. München 1934.

Kranz, Die Rachitis. Abschnitt in klinische Zahnheilkunde. München 1934.

Kranz, Zur Säuretheorie des Kalkabbaus. Dtsch. Mschr. f. Z. 1914/11.

Kranz, Über Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Z. R. 1921/51.

Liesegang, Mineralisation und Remineralisation innerhalb der Zähne. München 1937.*)

Mellanby, Der Ernährungsfaktor in der Kariesprophylaxe. München 1937.*)

Mond, Säurewirkung und Wasserstoffionenkonzentration in der Physiologie. Kolloidzeitschr. 40 (1926) 228.

Pfeiffer, Der gegenwärtige Stand der kolorimetrischen Azidimetrik in der Gewebsphysiologie. Protoplasma Bd. 1. H. 3.

Scheidt, Kauorgan und Zahnverlust. Freiburg 1938.

Scheer, Wasserstoffionenkonzentration in der Medizin. Med. Welt. 1. Jg. Nr. we 23.

Schröder, Erfahrungstatsachen zur Klärung der Ätiologie der Karies und als Grundlage für eine lokale allgemeine Prophylaxe. München 1937.

Steiner, Neue klinische Zahn- Mund- und Kiefernheilkunde. München 1938.

---

Die mit einem * versehenen Arbeiten entstammen dem gemeinsamen „Bericht der 73. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde“ Lehmann Verlag München 1937.